

Aus der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Prof. Dr. med D. Kohn

Der Vergleich von fünf Messmethoden zur Patellahöhenbestimmung bei 90° Kniebeugung

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES
2016

vorgelegt von:

Sarah Kläs, geb. Reiter

geb. am 20.03.1982 in Saarlouis

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
I. Zusammenfassung (deutsch)	3
1.1 Summary	5
II. Einleitung	7
III. Material – Methoden	10
1. Methoden	12
1.1. Laurin	12
1.2. Insall-Salvati	13
1.3. Blackburne-Peel	14
1.4. Caton-Deschamps	16
1.5. Linclau	17
IV. Ergebnisse	19
1. Laurin	19
2. Insall-Salvati	21
3. Blackburne-Peel	23
4. Caton-Deschamps	25
5. Linclau	27
V. Diskussion	29
VI. Schlussfolgerung	35
VII. Literaturverzeichnis	36
VIII. Publikationen	40
IX. Anhang	41
X. Danksagung	44

Zusammenfassung

Fragestellung

Die Bestimmung der Patellahöhe erfolgt üblicherweise auf der seitlichen Röntgenaufnahme des Kniegelenkes bei 20°-30° Beugung. Intraoperativ ist es schwierig, ohne Verwendung eines großen, sterilen Winkelmessers eine Kniebeugung von 20 – 30 ° einzustellen. Viel einfacher ist es, eine rechtwinklige Beugung zu erzeugen. Allerdings ist es unbekannt, ob die üblichen Messmethoden für die Patellahöhe auch beim 90°-gebeugtem Kniegelenk angewendet werden können. Das Ziel der vorliegenden, prospektiven Kohortenstudie war es daher, die Patellahöhe anhand von fünf verschiedenen Messmethoden am 90 ° gebeugtem Kniegelenk zu messen.

Methodik

Insgesamt wurden 95 Kniegelenke bei 85 Patienten untersucht. Die Patellahöhe wurde nach den Methoden von Blackburne-Peel, Labelle-Laurin, Insall-Salvati, Linclau und Caton-Deschamps gemessen. Die Werte wurden sowohl im Gesamtkollektiv als auch in einzelnen Untergruppen (unterteilt nach Alter, Geschlecht und Seite) ermittelt.

Ergebnisse

Für jedes der Messverfahren sind die Messwerte für den Normalstand der Kniescheibe (Patella norma), den Hochstand (Patella alta) und den Tiefstand (Patella infera/ Patella baja) definiert. Legt man diese Definitionen zugrunde, fanden wir bei den von uns vermessenen Kniegelenken Folgendes:

Der Blackburne-Peel-Quotient zeigte eine Patella norma in 45 Fällen und in jeweils 25 Fällen eine Patella alta und infera. Bei der Labelle-Laurin Methode ergab sich eine Patella norma in acht, eine Patella alta in 35 und eine Patella infera in 52 Kniegelenken. Der Insall-Salvati-Quotient resultierte in einer Patella norma bei 52 Patienten, einer Patella alta bei sechs und einer Patella infera bei 38 Fällen. Die Linclau Methode ergab ebenfalls in 52 Fällen eine Patella norma, in 17 eine Patella alta und in 26 eine Patella infera. Die Häufigkeit einer Patella norma war am größten bei Verwendung des Caton-Deschamps-Quotienten mit 67 Kniegelenken, während eine Patella alta nur in 13 und eine Patella infera in 15 Fällen vorkam.

In den Untergruppen waren die Unterschiede abhängig von der Untergruppe und der jeweils benutzten Methode.

Beispielsweise fiel der Anteil der Patella baja in der Gruppe der Patienten über 55 Jahre mit dem Insall-Salvati Index mit 46,8 % deutlich höher aus als mit der Linclau-Methode

(14,8 %). Betrachtet man die Methode von Blackburne und Peel, zeigt sich eine umgekehrte Verteilung bezüglich der Patellahöhe im Altersvergleich (in der Gruppe der Patienten < 55 Jahre (33,33 % alta vs. 18,75 % infera) gegenüber der älteren Patienten (mit 19,15 % alta vs. 34,04 % infera)).

Ebenso gab es große Unterschiede im Seitenvergleich je nach Methode (Patella norma mit der Caton-Deschamps-Methode bei 76 % der rechten Kniegelenke gegenüber nur 51 % der rechten Kniegelenke mit der Insall-Salvati-Methode).

Schlussfolgerungen

Unsere Resultate zeigen, dass die Patellahöhe mit den üblichen Messmethoden auch am 90°-gebeugten Knie bestimmt werden kann. Dabei ergeben sich teilweise erhebliche, methodenabhängige Unterschiede bei der Beurteilung der Höhe und der Klassifikation als „normal“, „Hochstand“ oder „Tiefstand“ der Kniescheibe. Dies trifft laut Literaturangaben auch für die Bestimmung am 20 – 30 ° gebeugten Gelenk zu. In künftigen Studien sollte dieser Effekt im direkten Vergleich zwischen 30 ° und 90 ° Kniebeugung untersucht und so beurteilt werden, welche Kniebeugestellung sich besser zur Messung der Patellahöhe eignet.

Summary

Aim/Question:

The patellar height is normally measured in lateral radiographs of the knee joint in 20-30 ° flexion. This is not always easy to achieve during surgery. 90 ° knee flexion is a position that is easy to reproduce, but it is unknown whether the patellar height can also be measured in 90 ° flexion.

The aim of this prospective study was to evaluate this by means of five different measurement methods.

Methods

A total of 95 knee joints from 85 patients were included in the study. The patellar height was measured according to the Blackburne-Peel, Labelle-Laurin, Insall-Salvati, Linclau and Caton-Deschamps methods in the whole group and in subgroups based on age, gender and side.

Results

The Blackburne-Peel Ratio showed a patella norma in 45 cases, and in 25 cases a patella alta and infera, respectively. The Labelle-Laurin method determined a patella norma in eight knees, in 35 a patella alta and in 52 a patella infera. The Insall-Salvati Ratio revealed a patella norma in 52 patients, a patella alta in six and in 38 a patella infera. The Linclau method demonstrated in 52 cases a patella norma, in 17 a patella alta and in 26 a patella infera. The Caton-Deschamps Ratio showed the highest values of a patella norma among all tested methods in 67 knees, whereas a patella alta was evident in 13 and a patella infera in 15 cases.

In the subgroups, discrepancies depended on the subgroup and method used. In the collective of patients older than 55 years the patella infera was found in 46.8 % of the cases when measured according to Insall-Salvati compared to only 14.8 % by the method of Linclau.

The method of Blackburne and Peel shows an almost reverse rate of patellar height in the age subgroups (patients < 55 years: 33.33 % alta vs. 18.75 % infera and patients > 55 years: 19.15 % alta vs. 3.04 % infera).

There were also great differences in side distribution depending on the method (patella norma with the Caton-Deschamps-method in 76 % of the right knee joints as opposed to only 51 % of the right knee joints with the Insall-Salvati-method).

Conclusion

Our results demonstrate on the one side, that the patellar height can be determined in 90° knee flexion; on the other side some large, method-dependent differences were evident with regard to the exact height classification. Future studies should evaluate this effect in a direct comparison between 30 ° and 90 ° knee flexion.

II. Einleitung

Die Patella ist das größte Sesambein des menschlichen Körpers. Ihre funktionelle Bedeutung besteht darin, den virtuellen Hebelarm des M. quadriceps femoris am Kniegelenk zu verlängern und somit eine erleichterte, störungsfreie Mobilisation im Kniegelenk zu ermöglichen [30,37].

Die Patellaposition in der frontalen und sagittalen Ebene ist entscheidend, damit eine intakte Kinematik im patellofemorale Gleitlager gewährleistet wird. In der Frontalebene können sowohl die Lateralisation als auch die Verkipfung der Patella gemessen werden. Die Lateralisation wird häufig nach der Methode von Laurin gemessen [23]. Die Patellaverkipfung kann entweder mittels des lateralen Patellofemoralwinkels nach Laurin [23] oder des Tiltwinkels nach Grelsamer [14] bestimmt werden.

Während es harte Kriterien zur Beurteilung der Patellaposition und deren Verlauf in der frontalen Ebene gibt, ist dies nicht der Fall bei der sagittalen Ebene. Trotz zahlreichen Versuchen existiert keine Methode, die sich über die Jahre als Goldstandard zur exakten Bestimmung der Patellahöhe durchgesetzt hat. Ein möglicher Grund dafür liegt darin, dass der „Normbereich“ der Patellahöhe schwierig zu definieren ist, da häufig radiologische Abweichungen nicht unbedingt mit den klinischen Beschwerden zusammenhängen.

Bereits im Jahr 1938 hat Blumensaat eine der ersten Methoden diesbezüglich beschrieben [5]. Dabei wird der Abstand zwischen der zur Streckseite verlängerten interkondylären Sklerosezone (Blumensaat-Linie) und der Kniescheibenspitze gemessen. Anfang der 70er Jahre haben Insall und Salvati versucht, die Patellahöhe anhand des Verhältnisses vom längsten diagonalen Patelladurchmesser zur Länge des Lig. patellae zu klassifizieren [17]. Da oft der Patelladurchmesser durch Osteophyten an Länge gewinnt und somit dieses Verhältnis bei solchen Fällen dadurch verfälscht wird, haben Grelsamer und Kollegen Anfang der 90er Jahre über den modifizierten Insall-Salvati-Index berichtet, der das Verhältnis der artikulierenden Patellafläche zur Länge des Lig. patellae errechnet [13]. Beide Methoden verfügen dennoch über den Nachteil, dass sich die Länge des Lig. patellae nicht immer exakt berechnen lässt, denn es ist oft schwierig, den genauen Insertionspunkt der Patellarsehne an der Tuberositas tibiae zu identifizieren. Basierend auf dieser Überlegung veröffentlichten Blackburne und Peel einen anderen Index zur Patellahöhenbestimmung, in welchem die Distanz des distalen Begrenzungspunktes der

Patellagelenkfläche zur streckseitig verlängerten Tibakopftangente im Verhältnis zur Länge der Patellagelenkfläche gemessen wird [4]. Ähnlich wie Blackburne und Peel wird bei der Methode von Caton und Deschamps die Patellahöhe an der proximalen Tibia orientiert, wobei das Verhältnis zwischen der Strecke der kürzesten Verbindung vom distalen Begrenzungspunkt der Patellagelenkfläche zum ventralsten Punkt des Tibakopfes und der Länge der artikulierenden Patellafläche bestimmt wird [7,8]. Wie bereits erwähnt, hat es keine Methode bisher geschafft, sich als Goldstandard diesbezüglich zu etablieren. Leider verfügen alle bekannten Methoden über Vor- und Nachteile und die daraus errechneten Werte variieren oft stark, insbesondere nach bestimmten Eingriffen mit entsprechenden Veränderungen der anatomischen Landmarken auf femoraler und/oder tibialer Seite [13, 10, 28, 30, 31, 32,3].

Abhängig von den jeweiligen anatomischen Landmarken im Bereich des distalen Femurs oder der proximalen Tibia kann dann die Patella als „norma“, „baja / infera“ (tiefstehend) oder „alta“ (hochstehend) bezeichnet werden. Darüber hinaus existiert ebenfalls der Begriff der „pseudo-baja“ Patella. Darunter wird eine scheinbar tiefstehende Patella bezeichnet, z.B. nach bestimmten Operationen im Bereich der proximalen Tibia (Implantation eines künstlichen Kniegelenkes), wobei nach Entfernung der proximalen Knochenschicht die Patella näher zur proximalen Tibia durch eine Änderung der Gelenklinie scheint, obwohl sich die Länge der Patellarsehne gar nicht geändert hat.

Bei bestimmten Krankheitsbildern wie z.B. der Spastik oder manchen Patientenkollektiven wie z.B. jungen Frauen mit einem unspezifischen vorderen Knieschmerz ist es bekannt, dass ein Patellahochstand gehäuft vorkommt. Eine Reihe von vorausgegangenen Operationen (laterales release, vordere Kreuzbeinplastik, hohe Tibiakopfumstellungsosteotomie, Implantation einer monokondylären oder bikondylären Oberflächenersatzprothese) [34, 26, 33, 19, 20, 31, 36] oder Traumata (Quadricepsruptur, Lig. patellae Ruptur, Patellafrakturen) [16, 6, 27] können die Patellahöhe beeinflussen. Ebenfalls können Änderungen im patellofemoralen Gleitlager mit verschiedenen Krankheitsbildern (Chondromalazie, vorderer Knieschmerz) einhergehen, welche eine Einschränkung der Lebensqualität der Patienten mit sich bringen oder sogar den Fortschritt einer bereits bestehenden Arthrose begünstigen bzw. beschleunigen können. Daher ist es im Bereich des Kniegelenkes entscheidend, über Kenntnisse der patellofemoralen Anatomie und Biomechanik zu verfügen, um somit prophylaktisch oder kurativ handeln zu können.

Im klinischen Alltag ist es oft der Fall, dass eine Kniegelenksflexion von 90° als Ziel gesetzt wird, damit eine störungsfreie Mobilisation erreicht werden kann. Ebenfalls wird intraoperativ oft vor Operationsabschluss untersucht, ob eine freie Kniebeugung bis 90° durchgeführt werden kann. Die 90° - Marke ist vor allem für den Operateur bzw. Untersucher eine einfache optische Grenze zur Beurteilung des funktionellen Ergebnisses. Zur Bestimmung der Patellahöhe werden allerdings seitliche Kniegelenksaufnahmen in einer Beugestellung von 20-30° durchgeführt. Einzige Ausnahme stellt die Methode nach Laurin dar, welche die Patellahöhe bei einer Knieflexion von 90° errechnet [22]. Da das Lig. patellae eine sehr geringe Elastizität aufweist, wird sich die tatsächliche Länge des Lig. Patellae bei verschiedenen Kniebeugestellungen nicht ändern. Allerdings könnte der Stand der Kniescheibe trotzdem von der Beugestellung abhängen, da diese einen Einfluß auf den Spannungszustand der Quadrizepsmuskulatur hat. Wenn daher standardisierte Informationen zur Patellahöhe bei einer Kniegelenksbeugung von 90° vorliegen würden, könnten Ärzte sogar intraoperativ mittels einer Bildwandlerkontrolle schnell und leicht die Patellahöhe beurteilen und somit eventuell erforderliche Änderungen bzw. Korrekturen vor Operationsende durchführen.

Ziel dieser prospektiven Studie war es daher, die Patellahöhe mittels fünf etablierter Methoden (Insall-Salvati-, modifizierter Insall-Salvati-, Caton-Deschamps-, Blackburne-Peel-Index und Methode nach Laurin) an 90°-gebeugten seitlichen Kniegelenksaufnahmen zu bestimmen und somit Aussagen über die Durchführbarkeit dieser Methoden treffen zu können.

III. Material und Methoden

Im Rahmen einer prospektiven Studie in der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes sollte die Patellahöhe anhand von seitlichen Röntgenaufnahmen des Kniegelenkes in 90° Flexion evaluiert werden. Dafür wurden im Zeitraum 01.06. – 01.12.2007 alle ambulanten Patienten mit Kniegelenksbeschwerden, welche einer nativradiologischen Abklärung bedurften, in die Studie eingeschlossen. Da allerdings eine Reihe von Krankheitsbildern einen möglichen Einfluss auf die Patellahöhe haben kann, wurden gewisse Ausschlusskriterien festgelegt, damit lediglich gesunde Kniegelenke untersucht werden können.

Ausschlusskriterien zur Studie waren:

- bekannte Gonarthrose
- Z.n. Quadricepssehnenruptur oder –insuffizienz
- Kniegelenksflexion < 90°
- Z.n. Patellafraktur
- Z.n. Lig. patellae – Ruptur
- Z.n. vorderer Kreuzband (VKB) – Plastik
- Z.n. hoher Tibiakopfumstellungsosteotomie (HTO)
- Z.n. Knie – Totalendoprothese (TEP) – Implantation

Vor Durchführung der Aufnahme wurde stets eine präzise Anamnese hinsichtlich der Ausschlusskriterien erhoben. Des Weiteren hat der jeweilige Ambulanzzarzt überprüft, ob der Patient bzw. die Patientin eine freie Kniegelenksbeugung von mindestens 90° hatte. Nach entsprechender klinischer Untersuchung des betroffenen Kniegelenkes erfolgte anschließend die radiologische Kontrolle mit der seitlichen Aufnahme in 90° Beugung. Der 90 ° - Winkel wurde anhand eines Winkelmessers durch die MTRA eingestellt und bei Auswertung der Röntgenbilder durch die Untersucherin erneut mittels Winkelmesser überprüft. Bei allen Röntgenaufnahmen wurde eine streng seitliche Aufnahme nach den Kriterien von Berg et al. angestrebt [3].

Alle Röntgenbilder wurden bis zum Zeitpunkt der Evaluation archiviert.

Zur Bestimmung der Patellahöhe wurden im Rahmen dieser Arbeit fünf Methoden

verwendet (Laurin- (LA), Insall – Salvati- (IS), Linclau – (LI), Caton – Deschamps- (CD), Blackburne – Peel – ratio (BP)).

Insgesamt konnten 95 Kniegelenke (49 links – 46 rechts; 49 männlich – 46 weiblich; 48 < 55 Jahre – 47 > 55 Jahre) in die Studie eingeschlossen werden.

Die errechnete Patellahöhe wurde in drei Kategorien eingeteilt: Patella norma (normal), Patella alta (hochstehend) und Patella baja (tiefstehend). Die erhobenen Werte nach den fünf oben erwähnten Methoden wurden dann hinsichtlich untersuchter Seite (linkes Knie vs. rechtes Knie), Geschlecht (männlich vs. weiblich), sowie Altersklasse (< 55 Jahre vs. > 55 Jahre) miteinander verglichen.

Alle Messungen wurden von der Autorin der vorliegenden Arbeit einmalig durchgeführt, so dass keine Aussagen hinsichtlich inter – und intraobserver Variabilität gemacht werden können.

Aufgrund des deskriptiven Charakters der Studie wurden lediglich beschreibende und keine vergleichenden statistischen Parameter verwendet.

1.Methoden

1.1. Laurin

Die Methode nach Laurin basiert auf der Anlegung einer Tangente entlang der ventralen Femurkortikalis bei einem 90 ° flektierten Kniegelenk. Liegt der proximale Pol der Patella 5 mm oberhalb dieser Tangente, handelt es sich definitionsgemäß um eine Patella alta, d.h. eine hochstehende Patella. Anhand dieser Methodik wird allerdings keine genaue Klassifikation einer Patella baja beschrieben. Aus diesem Grund haben die Autoren selbst eine Patellahöhe, bei der der Abstand zwischen proximalem Patellapol und unterhalb der ventralen Femurtangente mehr als 5 mm beträgt als Patella baja definiert. Alle Werte dazwischen wurden als Patella norma bezeichnet.



Abb. 1: Methode nach Laurin. Die Verlängerung der Tangente zur ventralen Femurkortikalis liegt unterhalb des kranialen Patellapols, allerdings weniger als 5 mm, so dass es sich hier um eine Patella norma handelt.

1.2. Insall-Salvati

Diese Methode wurde zum ersten Mal 1971 von John Insall und Eduardo Salvati beschrieben [17]. Der Insall-Salvati-Index besteht aus dem Diagonaldurchmesser der Patella (Strecke A) und der Länge des Ligamentum patellae (Strecke B). Die Länge des Ligamentum patellae wird von seinem Ursprung am unteren Pol der Patella zu seiner Insertion an der Tuberositas tibiae gemessen. Als Grenzwerte werden für eine Patella alta ein Index von $A/B > 0,99$ und für eine Patella baja ein Index von $A/B < 0,75$ festgelegt. Zwischen diesen Grenzwerten gilt die Kniescheibe als Patella norma.



Abb. 3: Methode nach Insall – Salvati; Strecke A entspricht der Länge des Patellalängsdurchmessers, Strecke B bildet die Länge des Lig. patellae.

1.3. Blackburne-Peel

J.S. Blackburne und T.E. Peel veröffentlichten 1977 eine weitere Methode zur Bestimmung der Patellahöhe. Der Blackburne-Peel-Index verwendet ähnlich der Methode von Laurin eine Tangente. Allerdings verläuft die Tangente nicht über die ventrale Femurkortikalis sondern über das Tibiaplateau. Zur Auswertung dieser Methode können seitliche Röntgenaufnahmen in jeglicher Kniegelenksposition benutzt werden, solange nur das Ligamentum patellae unter Spannung steht. [4] Es wird ein Index aus der Distanz des distalen Begrenzungspunktes der Patellagelenkfläche zur Tibiaplateautangente (Strecke B) und der Länge der Patellagelenkfläche (Strecke A) gebildet. Grenzwert für eine Patella alta ist ein Index von $B/A > 1,0$ und für eine Patella baja $B/A < 0,8$.

Ein Nachteil dieser Methode ist, dass sie nicht bei Kindern angewendet werden kann, da bei kindlichen Kniegelenken noch zu viele Anteile des Femurs und der Tibia verknorpelt sind und Knorpel auf den Röntgenbildern nicht sichtbar ist.

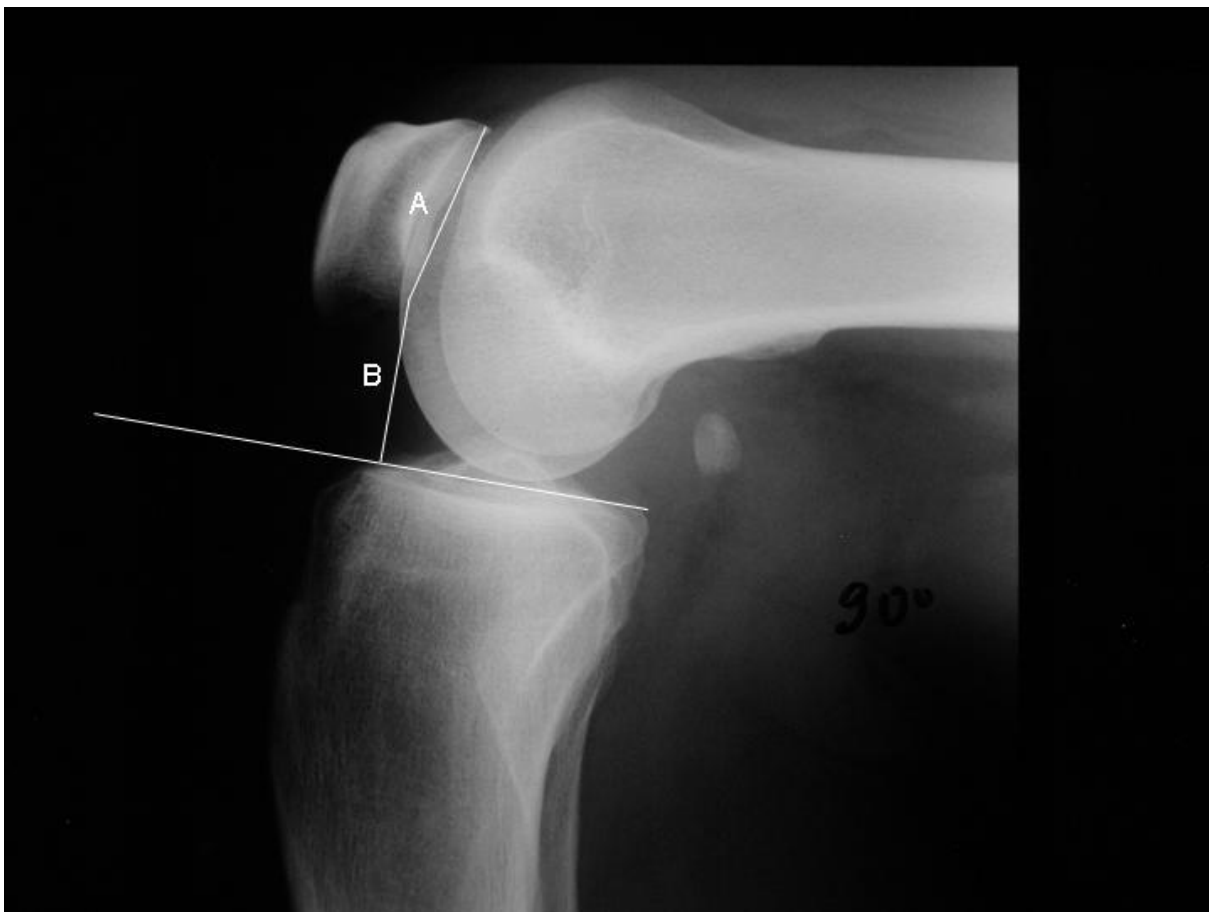


Abb. 5: Methode nach Blackburne – Peel. Die Strecke A entspricht der Länge der artikulierenden Patellagelenkfläche, die Strecke B entspricht dem Lot zwischen distalem

Patellapol zur Tangente zum Tibiaplateau.

1.4. Caton-Deschamps

Die Methode von Caton-Deschamps nutzt die ebenfalls von Linclau verwendete, kürzeste Verbindung zwischen dem distalsten Punkt der Patellagelenkfläche und dem ventralsten Punkt des Schienbeinkopfes (Strecke B) und stellt sie ins Verhältnis zur Länge der Patellagelenkfläche (Strecke A). Diese Methode nutzt also die gleichen Strecken wie die Methode nach Linclau, bildet aber den umgekehrten Index aus den beiden Strecken. Ab einem Index von $B/A > 1,2$ handelt es sich um eine Patella alta, ab $B/A < 0,8$ um eine Patella baja.



Abb. 4: Methode nach Caton – Deschamps. Die Strecke A entspricht der Länge der artikulierenden Patellagelenkfläche, die Strecke B ist der kürzeste Abstand zwischen dem distalen Patellapol und ventralstem Tibiakopfunkt. Im Gegensatz zur Linclau – Methode errechnet sich die Patellahöhe aus B/A und nicht aus A/B .

1.5. Linclau

Die Methode nach Linclau beschreibt das Verhältnis der Länge der Patellagelenkfläche (Strecke A) zu der kürzesten Verbindung zwischen dem distalsten Punkt der Patellagelenkfläche und dem ventralsten Punkt des Schienbeinkopfes (Strecke B). Eine Patella alta liegt ab einem Index von $A/B > 1,2$ vor, eine Patella baja ab einem Index von $A/B < 0,9$. Zwischen diesen Grenzwerten gilt die Kniescheibe als Patella norma.

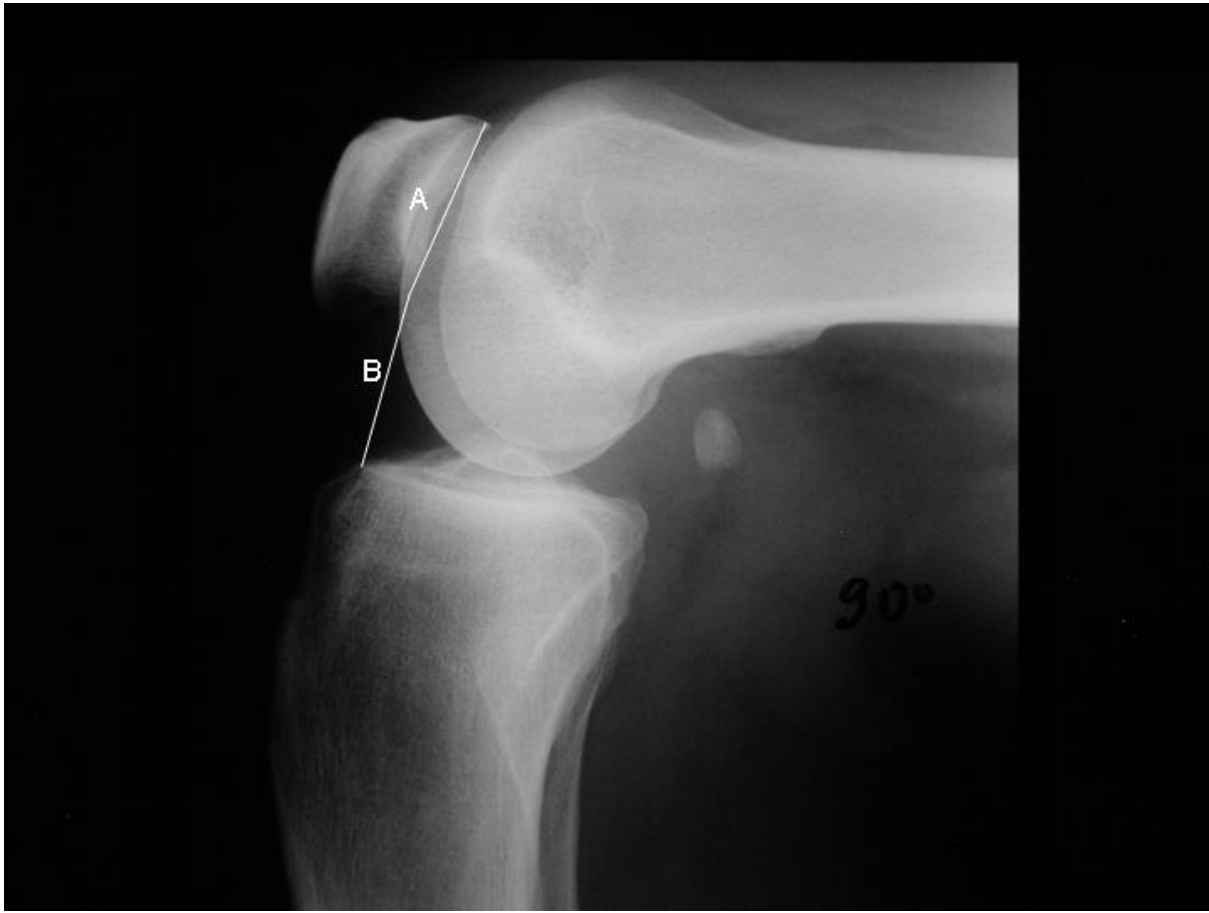


Abb. 2: Methode nach Linclau. Die Strecke A entspricht der Länge der artikulierenden Patellagelenkfläche, die Strecke B ist der kürzeste Abstand zwischen distalem Patellapol und ventralstem Tibiakopfpunkt.

Bei den jeweiligen ursprünglichen Publikationen über die Erstbeschreibung jeder Methode wurden nicht immer alle Werte zur Klassifikation der Patellahöhe angegeben. Im Laufe der Jahre haben sich daher die Richtwerte durch zahlreiche Studien [15, 20, 30, 32] verändert, so dass dies auch in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt wurde (Tabellen 1 und 2).

Tabelle 1: Normwerte der Patellahöhe nach verschiedenen Methoden, wie ursprünglich in den Originalarbeiten beschrieben

Originalarbeit [Literaturangabe]	Patella norma	Patella alta	Patella baja
Insall-Salvati [17]	1	> 1,2	< 0,8
modifizierter Insall-Salvati [13]	k. A.	> 2	k.A.
Caton-Deschamps [7]	< 1,2	> 1,2	< 0,6
Blackburne-Peel [4]	0,8	> 1,0	< 0,5
Laurin [22]	Ø	Ø	Ø

k.A.: keine Angaben

.

Tabelle 2: In dieser Studie verwendete Normwerte der Patellahöhe

	Patella norma	Patella alta	Patella baja
Insall-Salvati (IS)	0,75 – 0,99	> 0,99	< 0,75
Linclau (LI)	0,9 – 1,2	> 1,2	< 0,9
Caton-Deschamps (CD)	0,8 – 1,2	> 1,2	< 0,8
Blackburne-Peel (BP)	0,8 - 1,0	> 1,0	< 0,8
Laurin (LA)	0	negativ	positiv

IV. Ergebnisse

4.1. Methode nach Laurin

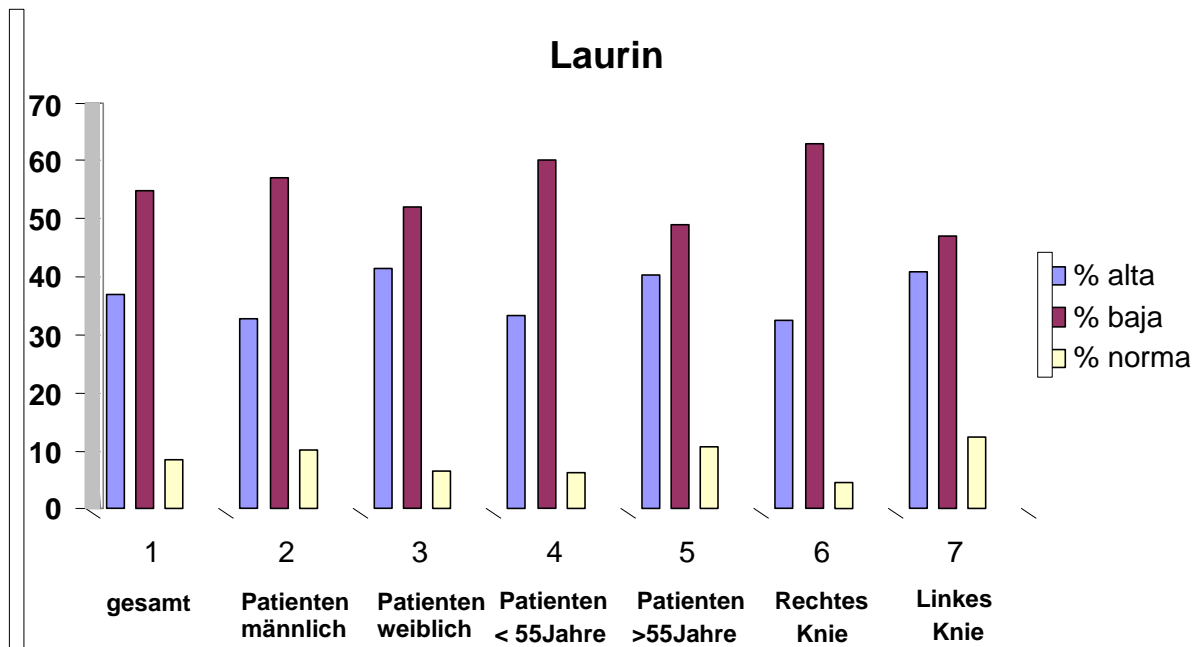


Abb. 6.1: Zusammenfassende Darstellung der ermittelten Werte der Patellahöhe nach der Methode nach Laurin.

Die Methode von **Laurin** ergab von insgesamt 95 untersuchten Kniegelenken achtmal eine Patella norma, 35mal eine Patella alta und 52mal eine Patella baja.

Im Geschlechtervergleich war das Verhältnis relativ ausgeglichen. Untersucht wurden 49 Männer und 46 Frauen. Bei den Männern konnte die Patellahöhe 16mal als alta (32,65 %), fünfmal als norma (10,2 %) und 28mal als baja (57,14 %) bezeichnet werden. Bei den weiblichen Kniegelenken konnten ähnliche Werte gemessen werden (in 19 Fällen eine Patella alta (41,3 %), in drei Fällen eine Patella norma (6,52 %) und in 24 Fällen eine Patella baja (52,18 %).

Bei der Auswertung hinsichtlich des Alters (Altersgrenze 55 Jahre) wurden 48 Patienten unter 55 und 47 Patienten über 55 Jahren untersucht. In der Gruppe der Patienten unter 55 Jahren lagen 16 Patellae alta (33,33 %), drei Patellae norma (6,25 %) und 29 Patellae baja (60,42 %) vor, während bei den älteren Patienten in 19 Fällen (40,43%) eine hochstehende, in fünf Fällen (10,64%) eine normalstehende und in 23 Fällen (48,94%)

eine tiefstehende Kniescheibe festgestellt werden konnte.

Im Seitenvergleich wurden insgesamt 46 rechte und 49 linke Kniegelenke untersucht. Von den 46 rechten Kniegelenken konnte die Patellahöhe in 15 Fällen als alta (32,61 %), in zwei Fällen als norma (4,35 %) und in den restlichen 29 Fällen als baja (63,04 %) klassifiziert werden. Im Vergleich dazu stand die Patella bei den linken Kniegelenken 20mal hoch (40,82 %), sechsmal normwertig (12,24 %) und 23mal tief (46,94 %).

Die Betrachtung der klassifizierten Patellahöhe an sich ergibt ebenfalls interessante Informationen (Abb. 6.1). Eine Patella alta konnte insgesamt in 36,84 % der Fälle, mit einer relativ geringen Streubreite der ermittelten Messwerte in den jeweiligen Untergruppen [32,61 % - 41,3 %], diagnostiziert werden. Eine Patella baja wurde bei 54,74% der Patienten festgestellt, wobei der geringste Anteil bei den Patienten > 55 Jahren und der größte Anteil bei den rechten Kniegelenken bestimmt werden konnte. Am seltensten wurde die Diagnose einer Patella norma mit einem Prozentsatz von nur 8,42 % gestellt; der Anteil der normal stehenden Kniescheiben war dabei nie höher als 12,24%.

Laurin	alta	baja	norma	Gesamt	% alta	% baja	% norma
Gesamt	35	52	8	95	36,84	54,74	8,42
Patienten männlich	16	28	5	49	32,65	57,14	10,2
Patienten weiblich	19	24	3	46	41,3	52,18	6,52
Pat < 55 Jahre	16	29	3	48	33,33	60,42	6,25
Pat > 55 Jahre	19	23	5	47	40,43	48,94	10,64
Rechtes Knie	15	29	2	46	32,61	63,04	4,35
Linkes Knie	20	23	6	49	40,82	46,94	12,24

Tab. 6.1: Übersicht der mittels der Laurin-Methode bestimmten Patellahöhe, je nach Typ (alta/baja/norma) unter Berücksichtigung des Gesamtkollektivs und der Untergruppen.

4.2. Methode nach Insall – Salvati

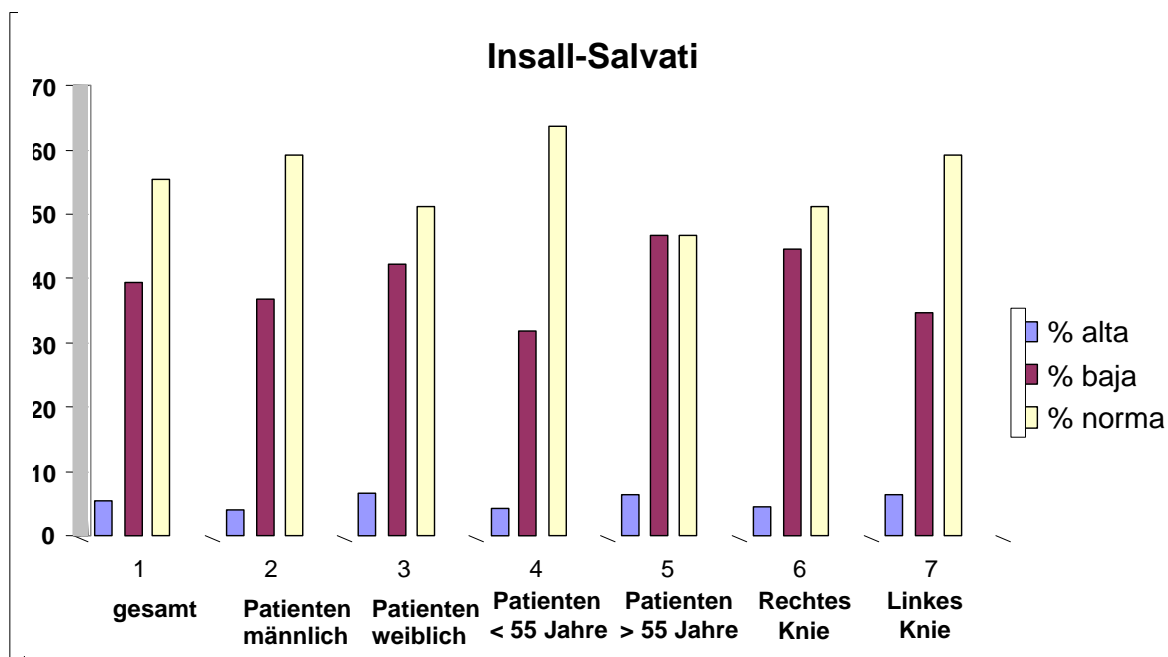


Abb. 6.2: Zusammenfassende Darstellung der ermittelten Werte der Patellahöhe nach der Methode nach Insall – Salvati.

Die Methode von **Insall und Salvati** ergab einen geringen Anteil an Patella alta mit nur fünf hochstehenden Patellae (5,32%), während 52 Kniegelenke als Patella norma (55,32%) und 38 als Patella baja (40%) bewertet wurden.

Von den 95 untersuchten Kniegelenken gehörten 49 zu männlichen Patienten und 46 zu weiblichen Patientinnen. Bei den weiblichen Kniegelenken zeigte sich eine Patella norma in 51,11 % der Fälle, während bei den männlichen Kniegelenken der Anteil 59,18 % betrug. Eine Patella alta konnte in 6,67 % der weiblichen und 4,08 % der männlichen Kniegelenke gemessen werden. Auf der anderen Seite konnte eine tiefstehende Patella in 36,73 % der männlichen und 43,47 % der weiblichen Patienten festgestellt werden.

Bei der Alterseinteilung waren 47 Patienten älter und 48 Patienten jünger als 55 Jahre. In der Gruppe der Patienten jünger als 55 Jahre überwogen die normal stehenden Kniescheiben mit 30 Patellae norma (63,83%). Nur zwei der jüngeren Patienten wiesen eine Patella alta (4,26%) auf, und 16 hingegen eine Patella baja (33,33%). In der Gruppe der älteren Patienten war das Verhältnis zwischen Patella baja und norma dagegen ausgeglichen, mit jeweils 22 Patella baja (46,81%) und 22 Patella norma (46,81%). In

dieser Gruppe gab es allerdings einen sehr geringen Anteil an Patella alta (6,38%).

Im Seitenvergleich wurden 46 rechte und 49 linke Kniegelenke untersucht. Auch in dieser Kategorie zeigte sich eine Patella alta mit dem geringsten Anteil in nur zwei rechten (4,44%) und drei linken Kniegelenken (6,12%). Bei den rechten Kniegelenken konnte in 21 Fällen eine Patella baja (45,65%) und in 23 Fällen eine Patella norma (51,11%) beobachtet werden. Die entsprechenden Werte bei den linken Kniegelenken lagen bei 34,69 % (n=17) und 59,18 % (n=29).

Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Anteil an Patellae alta sowohl im Gesamtkollektiv, als auch in den einzelnen Untergruppen sehr gering ist. Dahingegen zeigt sich in der Mehrheit der Fälle eine Patella norma (55,32 %), wobei in einzelnen Untergruppen eine größere Streubreite der ermittelten Werte zu finden ist (z.B. 46,81 % bei Patienten > 55 Jahre vs. 63,83 % bei Patienten < 55 Jahre). Der Typ einer Patella baja ist mit einem durchschnittlichen Anteil von 40 % vertreten, wobei die größte Streubreite der Werte ebenfalls in der Altersgruppe zu finden ist (46,81 % bei Patienten > 55 Jahre vs. 33,33 % bei Patienten < 55 Jahre).

Insall-Salvati	alta	baja	norma	Gesamt	% alta	% baja	% norma
Gesamt	5	38	52	95	5,32	40,00	55,32
Patienten männlich	2	18	29	49	4,08	36,73	59,18
Patienten weiblich	3	20	23	46	6,67	43,47	51,11
Pat < 55 Jahre	2	16	30	48	4,26	33,33	63,83
Pat > 55 Jahre	3	22	22	47	6,38	46,81	46,81
Rechtes Knie	2	21	23	46	4,44	45,65	51,11
Linkes Knie	3	17	29	49	6,12	34,69	59,18

Tab. 6.2: Übersicht der mittels der Insall-Salvati-Methode bestimmten Patellahöhe, je nach Typ (alta/baja/norma) unter Berücksichtigung des Gesamtkollektivs und der Untergruppen.

4.3. Blackburne-Peel

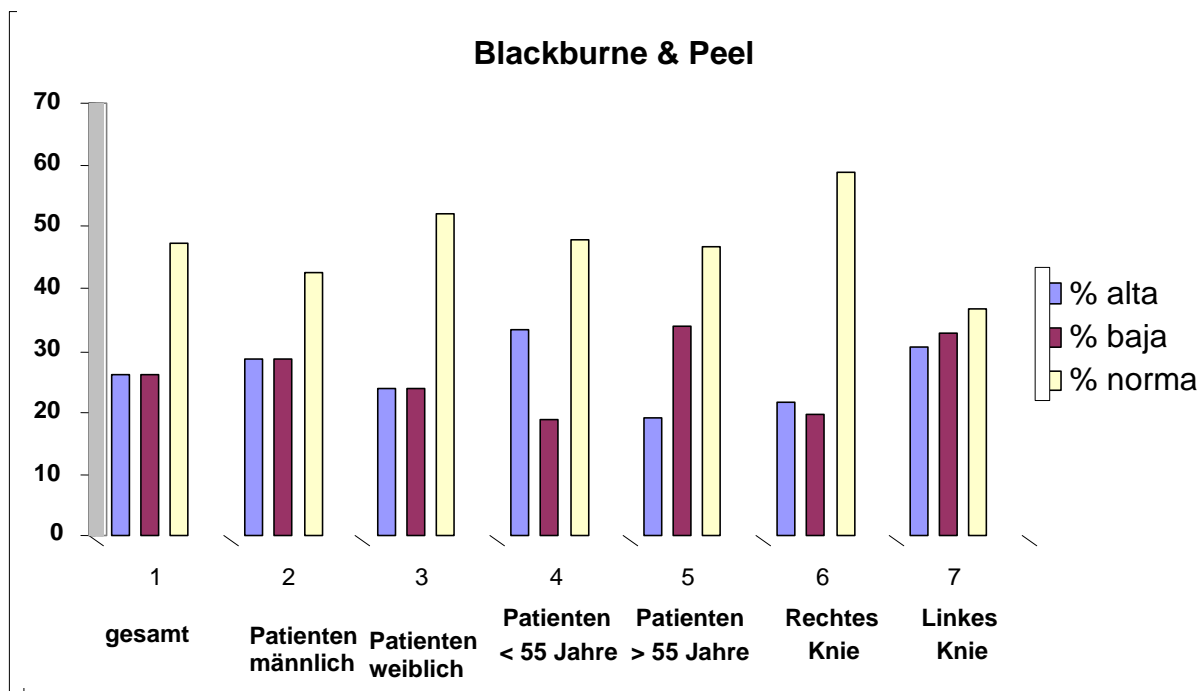


Abb. 6.3: Zusammenfassende Darstellung der ermittelten Werte der Patellahöhe nach der Methode von Blackburne – Peel.

Bei den insgesamt 95 untersuchten Kniegelenken nach der Methode von **Blackburne und Peel** konnten 45 Patellae als norma (47,37%) und jeweils 25 als alta und baja (jeweils 26,32%) klassifiziert werden.

Im Geschlechtervergleich wurden 49 männliche und 46 weibliche Kniegelenke untersucht. In der Gruppe der männlichen Patienten gab es mit jeweils 14 Patienten (28,57%) gleich viele Patella alta und baja. Hier überwogen die Patellae norma mit 21 von 49 Kniegelenken (42,86%). In der Gruppe der weiblichen Patienten waren die ermittelten Werte ähnlich denen der männlichen Patienten mit jeweils 11 Patienten (23,91%) in den Kategorien Patella alta und baja. Auch in dieser Gruppe überwogen die Patellae norma mit 24 von 46 Kniegelenken (52,17%).

In der Altersgruppe wurden 48 Patienten jünger als 55 Jahre und 47 Patienten älter als 55 Jahre untersucht. Bei den jüngeren Patienten konnte eine Patella norma in 23 (47,92 %), eine Patella baja in neun (18,75 %) und eine Patella alta in 16 Fällen (33,33 %) festgestellt werden. In der Gruppe der älteren Patienten wurde in 22 Fällen (46,81 %) eine Patella norma bestimmt, während der Anteil an Patella baja und alta jeweils 19,15 % (n=9) und

34,04 % (n=16) ausmachte.

Im Seitenvergleich wurden 46 rechte und 49 linke Kniegelenke evaluiert. In der Gruppe der rechten Kniegelenke hatte die Patella norma bei weitem den größten Anteil mit 27 (58,7%) von 46 Kniegelenken, während fast gleichverteilt die Patella alta mit zehn Patienten (21,74%) und die Patella baja mit neun Patienten (19,57%) zu finden waren. In der Gruppe der linken Kniegelenke hingegen war der Anteil der verschiedenen Patellahöhen relativ ausgeglichen: es zeigten sich 15 Patellae alta (30,61%), 16 Patellae baja (32,65%) und 18 Patellae norma (36,73%).

Bei der Methode von Blackburne und Peel lässt sich insgesamt feststellen, dass, obwohl im Gesamtkollektiv der Anteil an Patella norma und baja mit jeweils 26,32 % der Fälle komplett ausgeglichen ist, in den einzelnen Untergruppen zum Teil größere Diskrepanzen vorliegen. Somit überwiegt der Anteil der hochstehenden gegenüber der tiefstehenden Patellae bei den Patienten < 55 Jahre (33,33 % vs. 18,75 %), während sich in der älteren Gruppe dieses Verhältnis genau umgekehrt zeigt (19,15 % alta vs. 34,04 % baja). Darüber hinaus lässt sich feststellen, dass sogar der Anteil an normal stehenden Kniescheiben in den einzelnen Untergruppen stark variieren kann (rechte Kniegelenke mit 58,7 % der Fälle gegenüber den linken Kniegelenken mit 36,73 % der Fälle).

Blackburne-Peel	alta	baja	norma	Gesamt	% alta	% baja	% norma
Gesamt	25	25	45	95	26,32	26,32	47,37
Patienten männlich	14	14	21	49	28,57	28,57	42,86
Patienten weiblich	11	11	24	46	23,91	23,91	52,17
Pat < 55 Jahre	16	9	23	48	33,33	18,75	47,92
Pat > 55 Jahre	9	16	22	47	19,15	34,04	46,81
Rechtes Knie	10	9	27	46	21,74	19,57	58,7
Linkes Knie	15	16	18	49	30,61	32,65	36,73

Tab. 6.3: Übersicht der mittels der Blackburne-Peel-Methode bestimmten Patellahöhe, je nach Typ (alta/baja/norma) unter Berücksichtigung des Gesamtkollektivs und der Untergruppen.

4.4. Caton-Deschamps

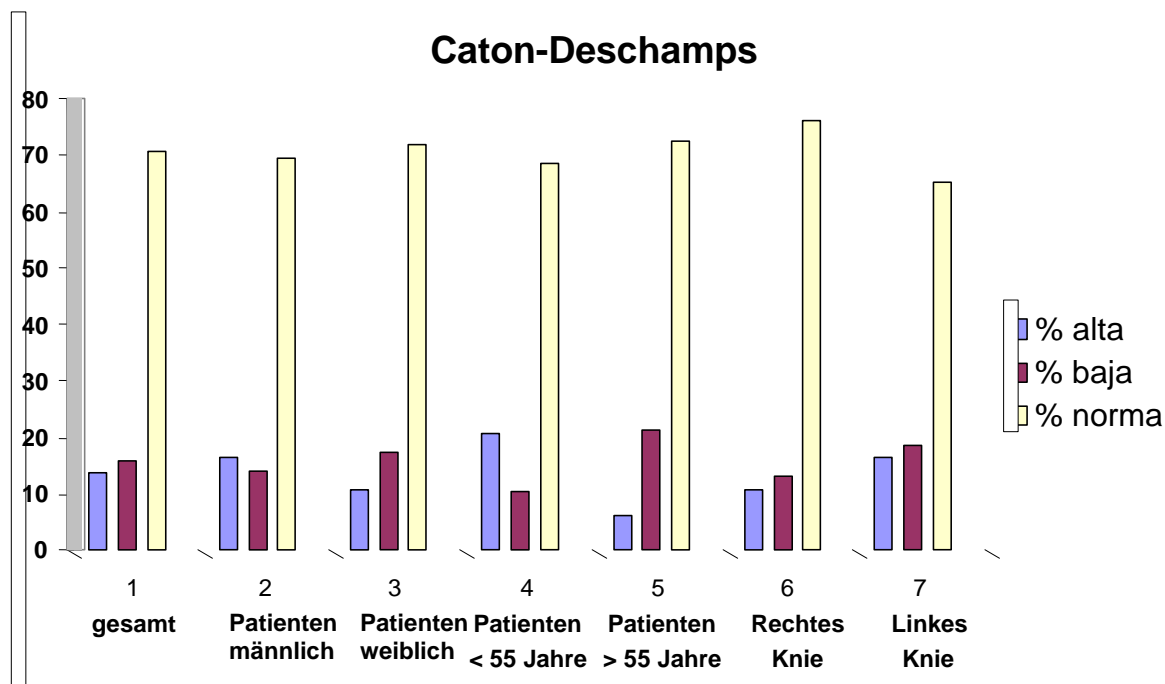


Abb. 6.4: Zusammenfassende Darstellung der ermittelten Werte der Patellahöhe nach der Methode nach Caton-Deschamps.

Insgesamt wurden nach der **Caton-Deschamps**-Methode 95 Kniegelenke untersucht. Eine Patella norma lag in 67 Fällen (70,53%) vor, eine Patella alta in 13 (13,68%) und eine Patella baja in 15 (15,79%).

Hinsichtlich des Geschlechtervergleichs wurden 49 Männer und 46 Frauen untersucht. Eine Patella norma konnte bei 34 männlichen Patienten (69,39%) gegenüber 33 weiblichen Patienten (71,74%) gemessen werden. Bei den männlichen Kniegelenken konnte achtmal eine Patella alta (16,33 %) und siebenmal eine Patella baja beobachtet werden, während bei den Frauen die entsprechenden Patellahöhen in fünf (10,87%) und acht Fällen (17,39%) vorkamen.

In der Altersgruppe waren 48 Patienten jünger und 47 Patienten älter als 55 Jahre. Auch hier überwogen die Patellae norma deutlich mit 33 Patienten jünger als 55 Jahre (68,75%) und 34 Patienten älter als 55 Jahre (72,34%). Einen deutlich geringeren Anteil wiesen die

Kategorien Patella alta und Patella baja mit einem fast gegensätzlichen Verhältnis auf: Eine Patella alta bei zehn jüngeren (20,83%) und drei älteren Patienten (6,38%) sowie eine Patella baja mit fünf jüngeren (10,42%) und zehn älteren Patienten (21,28%).

Im Seitenvergleich kamen 46 rechte und 49 linke Kniegelenke vor. Bei den rechten Kniegelenken wurde in 35 Fällen eine Patella norma (76,09 %), in fünf eine Patella alta (10,87 %) und in sechs eine Patella baja (13,04 %) bestimmt. Auf der anderen Seite wurde bei den linken Kniegelenken 32mal (65,31 %) eine normstehende Patella, achtmal (16,33 %) eine hochstehende und neunmal (18,37 %) eine tiefstehende festgestellt.

Nach der Methode von Caton-Deschamps zeigt sich in der Mehrheit der Fälle eine Patella norma mit einem Mindestanteil von 65 % in jeder Untergruppe. Allerdings ist eine große Varianz bezüglich der Klassifizierung einer Patella alta oder baja vorzufinden. Somit lässt sich z.B. feststellen, dass in der Altersuntergruppe die Patella alta lediglich in 6,38 % der älteren Patienten zu sehen ist, während dies bei den jüngeren Patienten 20,83 % der Fälle ausmacht. Genau umgekehrt ist in der gleichen Gruppe das Verhältnis der Patella baja zwischen alten und jungen Patienten, wobei die älteren Patienten mehr als doppelt so viel tiefstehende Patellae als die jüngeren Patienten aufweisen.

Caton-Deschamps	alta	baja	norma	Gesamt	% alta	% baja	% norma
Gesamt	13	15	67	95	13,68	15,79	70,53
Patienten männlich	8	7	34	49	16,33	14,29	69,39
Patienten weiblich	5	8	33	46	10,87	17,39	71,74
Pat < 55 Jahre	10	5	33	48	20,83	10,42	68,75
Pat > 55 Jahre	3	10	34	47	6,38	21,28	72,34
Rechtes Knie	5	6	35	46	10,87	13,04	76,09
Linkes Knie	8	9	32	49	16,33	18,37	65,31

Tab. 6.4: Übersicht der mittels der Caton-Deschamps-Methode bestimmten Patellahöhe, je nach Typ (alta/baja/norma) unter Berücksichtigung des Gesamtkollektivs und der Untergruppen.

4.5. Linclau

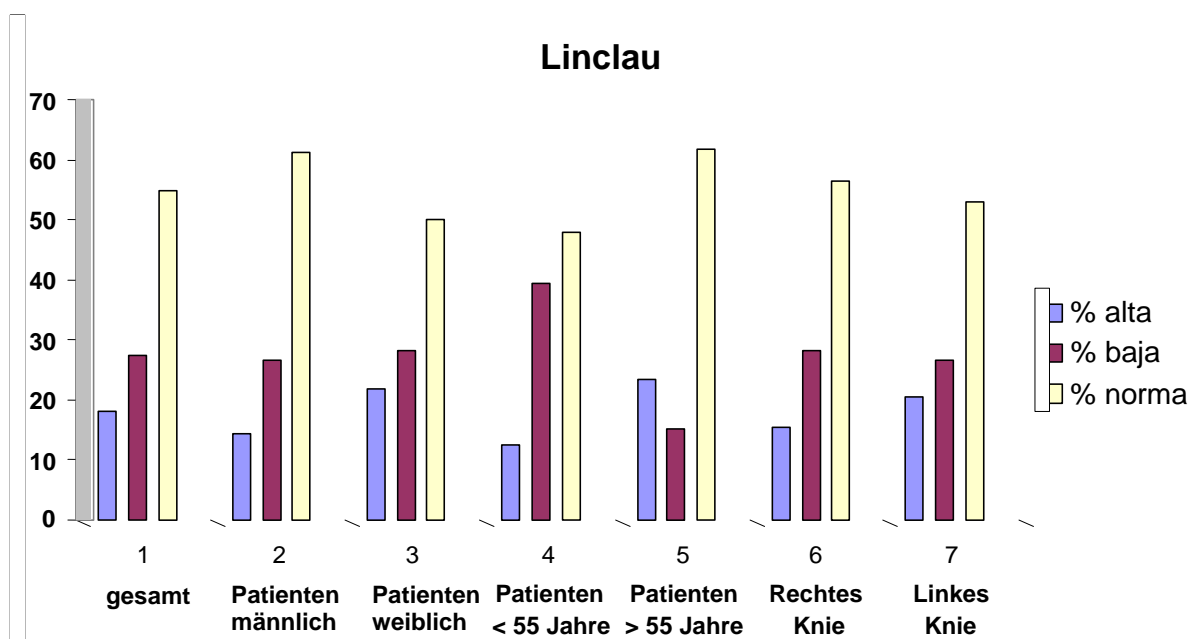


Abb. 6.5: Zusammenfassende Darstellung der ermittelten Werte der Patellahöhe nach der Methode nach Linclau.

Mittels der Methode von **Linclau** wurden ebenfalls 95 Kniegelenke untersucht, wobei die Patella norma mit einem Anteil von 54,74% (n=52) mehr als die Hälfte der Ergebnisse einnimmt. In der anderen Hälfte überwiegt die Patella baja mit 27,37% (n=26) gegenüber der Patella alta mit 17,89% (n=17).

Im Geschlechtervergleich wurden 49 männliche und 46 weibliche Kniegelenke untersucht. Bei den männlichen Patienten zeigte sich in 29 Fällen (61,22 %) eine Patella norma, in 13 Fällen (26,26%) eine Patella baja und in sieben Fällen (14,29%) eine Patella alta. Bei den weiblichen Kniegelenken wurden 50 % (n=23) als Patella norma, 28,26 % (n=13) als -baja und 21,74 % (n=10) als -alta klassifiziert.

In der Altersgruppe kamen 48 Patienten jünger als 55 Jahre und 47 Patienten älter als 55 Jahre vor. Auch in diesem Vergleich überwog die Patella norma mit 23 jüngeren (47,92%) und 29 älteren Patienten (61,7%). Das Verhältnis von Patella alta zu Patella baja war jedoch in beiden Altersgruppen gegensätzlich: In der Kategorie Patella alta überwogen die älteren Patienten mit elf Fällen (23,4%) gegenüber sechs Fällen (12,5%) in der jüngeren Gruppe. In der Kategorie der Patella baja dagegen hatten die jüngeren Patienten den größten Anteil mit 19 Fällen (39,58%) gegenüber sieben Patienten aus der älteren Gruppe

(14,89%).

Im Seitenvergleich untersuchten wir 46 rechte und 49 linke Kniegelenke. Eine Patella norma konnte jeweils in 26 Kniegelenken (56,52 % rechts vs. 53,06 % links) bestimmt werden. Eine Patella alta wurde in 15,22 % der rechten Kniegelenke bestimmt, während dies bei den linken Kniegelenken 20,41 % der Fälle ausmachte. Eine Patella baja war in 28,26 % (n=13) der rechten und 26,53 % (n=13) der linken Kniegelenke nachzuweisen.

Die Gesamtbetrachtung der ermittelten Werte nach der Linclau-Methode lässt erkennen, dass in den Untergruppen hinsichtlich Geschlechter- und Seitenverteilung eine geringe Diskrepanz zwischen den erhobenen Resultaten vorliegt, allerdings zeigt sich in der Altersgruppe ein relativ großer Unterschied hinsichtlich der Häufigkeitsverteilung einer Patella norma, alta und baja.

Linclau	alta	baja	norma	Gesamt	% alta	% baja	% norma
Gesamt	17	26	52	95	17,89	27,37	54,74
Patienten männlich	7	13	29	49	14,29	26,53	61,22
Patienten weiblich	10	13	23	46	21,74	28,26	50
Pat < 55 Jahre	6	19	23	48	12,5	39,58	47,92
Pat > 55 Jahre	11	7	29	47	23,4	14,89	61,7
Rechtes Knie	7	13	26	46	15,22	28,26	56,52
Linkes Knie	10	13	26	49	20,41	26,53	53,06

Tab. 6.5: Übersicht der mittels der Linclau-Methode bestimmten Patellahöhe, je nach Typ (alta/baja/norma) unter Berücksichtigung des Gesamtkollektivs und der Untergruppen.

V. Diskussion

Die optimale Patellahöhe stellt eine unabdingbare Voraussetzung zur störungsfreien Funktion des patellofemoralen Gelenkes dar. Heutzutage ist es bekannt, dass es in manchen Fällen nach chirurgischen Eingriffen am Kniegelenk (laterales release, Implantation einer bikompartimentellen Knieendoprothese, Hoffa-Resektion, hohe Tibiakopfumstellungsosteotomie oder vordere Kreuzbandplastik) zu einer Verringerung der präoperativen Patellahöhe kommt [34, 33, 19, 20, 24, 31, 36]. Bei der Endoprothetik wird die Patellahöhe durch die Wahl der Resektionsebenen an distalem Femur und proximaler Tibia sowie durch die Dicke des Polyäthylenplateaus direkt beeinflusst und ist damit unmittelbar postoperativ korrekt oder verändert. Bei anderen Operationen kommt es im postoperativen Verlauf zu einer allmählichen Verringerung der Kniescheibenhöhe. Trotz der zahlreich beschriebenen Fälle diesbezüglich ist die Ätiologie noch unbekannt. Intra- und postoperative Faktoren, wie eine biologische Adaptation des Streckapparates, Kontraktur von Narbengewebe, Knochenneubildung, Immobilisation, patellofemorale Fibrose, Ischämie und Trauma der Patellarsehne werden als mögliche Ursachen genannt [21, 7,36, 18, 28].

Abhängig von der Art des Eingriffes, der Operationstechnik sowie eingebrachter Implantate kann allerdings das Krankheitsbild einer Patella baja teilweise erklärt werden. So vermuten manche Autoren, dass bei Implantation einer Knie-TEP die Patellaeversion eine lokale Ischämie und ein Mikrotrauma in der Patellarsehne mit einer anschließenden Reduktion der Sehnenelastizität provoziert [36]. Eine kürzlich publizierte Studie von Lemon und Kollegen demonstrierte, dass die Hoffa-Resektion im Rahmen einer Knie-TEP-Implantation zu einer signifikanten Verkürzung der Patellarsehne führt, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, bei der der Hoffa-Körper geschont wurde [24].

Nach primärer Knieendoprothetik berichteten Fern et al. und Aglietti et al., dass Patienten mit einer Patella baja über Schmerzen im Sinne eines Impingement klagten [11,1], während Figgie und Mitarbeiter in einer ähnlichen Arbeit sowohl Schmerzen als auch eine Bewegungseinschränkung des befallenen Gelenkes feststellen konnten [12]. Andererseits konnten Koshino und Kollegen keine Assoziation zwischen einer Patella baja und einer Bewegungseinschränkung oder einer Minderung der Quadricepskraft nach Implantation einer Knieendoprothese beobachten [20].

Von Interesse ist ebenfalls die Tatsache, dass bereits kleine Längenänderungen im Bereich des Lig. patellae beeinträchtigende Auswirkungen auf das Kniegelenk haben können. Kalkulationen haben gezeigt, dass eine Verkürzung der Patellarsehne um 1 mm eine Limitierung der Knieflexion um ca. 1° bedeutet [36]. In einem geometrischen Kniemodell konnte demonstriert werden, dass bei einer verkürzten Patellarsehne die Patella im Vergleich zu einem normal langen Lig. patellae bei einem geringeren Flexionswinkel das Femur berührt [35].

Es ist offensichtlich, dass anhand der aktuellen Literaturlage keine Einigkeit über das genaue Ausmaß von Patellahöhenveränderungen auf das funktionelle Ergebnis nach verschiedenen Operationen herrscht, wobei die Mehrheit der Studien für eine Patellahöhenreduktion spricht. Daher erscheint die adäquate Diagnostik der Patellahöhenbestimmung sowie die weitere Untersuchung der bereits vorhandenen Methoden von großer Wichtigkeit.

5.1. Methoden zur Patellahöhenbestimmung

Trotz der bisher zahlreich beschriebenen Methoden zur Bestimmung der Patellahöhe hat es bis heutzutage keine geschafft, sich als Goldstandard zu etablieren. Sogar die populärsten der Methoden, wie Insall-Salvati- (IS), modifizierter Insall-Salvati (MIS), Caton-Deschamps- (CD) oder Blackburne-Peel-Index (BP), können aufgrund unterschiedlicher Nachteile nicht bei jeder Indikation sinnvoll eingesetzt werden. Veränderungen in der Patellamorphologie durch Patellaosteophyten oder einen langen unteren Patellapol können zu falschen Ergebnissen beim IS-Index führen. Ebenfalls problematisch ist beim IS- und modifizierten IS-Index die exakte Identifizierung der Tuberositas tibiae, vor allem in Abhängigkeit der Qualität der Röntgenaufnahme. Methoden, welche sich an einer anatomischen Landmarke des Tibiaplateaus orientieren, verfügen daher über Vorteile bei Kniegelenken, bei denen kein Eingriff in dieser Region durchgeführt wurde. Bei Implantation einer Knieendoprothese, bei der die Resektion des Tibiaplateaus erforderlich ist oder bei Z.n. hoher Tibiakopfumstellungsosteotomie (HTO) mit konsekutiver Änderung des tibialen Slopes sind allerdings diese Methoden nicht einzusetzen, da die anatomischen Bezugspunkte durch den jeweiligen Eingriff entweder nicht mehr existieren oder verändert wurden.

5.2. Eigene Erfahrungen

Die bereits in der Literatur beschriebenen Probleme in Abhängigkeit der eingesetzten Methode konnten zum Teil auch in unserer Arbeit bestätigt werden. Die Methode nach Laurin zeigte sich in unserer Studie als sehr untersucherfreundlich. Eine Tangente entlang der ventralen Femurkortikalis einzuzeichnen stellt kein großes Hindernis dar und bot daher wenig Spielraum für Messfehler.

Im Gegensatz dazu waren die Untersuchungen mittels Blackburne-Peel, Lincclau, Caton-Deschamps und Insall-Salvati wesentlich schwieriger durchzuführen. Den genauen unteren Pol der Patella, die anteriore Kante des Tibiaplateaus aber auch die Tuberositas tibiae als Ansatzpunkt des Lig. patellae zu identifizieren war nicht immer einfach und bot zum Teil viel Raum für variable Ergebnisse.

Dennoch kann festgehalten werden, dass subjektiv mit zunehmender Erfahrung der Untersucherin eine größere Sicherheit im Identifizieren der benötigten Strukturen auffiel.

5.3. Variabilität/Reproduzierbarkeit der Methoden

Aufgrund der oben genannten Probleme werden daher oft unterschiedliche Resultate beim Vergleich dieser Methoden beschrieben. Berg und Mitarbeiter konnten zwischen drei unabhängigen Untersuchern die größte Reproduzierbarkeit für den Blackburne-Peel-Index feststellen [3]. Seil et al. demonstrierten für diesen Index die geringste Interobserver Variabilität in einer Studie mit symptomatischen Kniegelenken [32]. Aparicio und Kollegen fanden heraus, dass bei Kindern der Caton-Deschamps-Index reproduzierbarer und zuverlässiger als der Blackburne-Peel ist [2]. Scuderi et al. zeigten Unterschiede in der Inzidenz einer Patella baja nach HTO in Abhängigkeit vom verwendeten Index (IS-Index – 89,0 % vs. BP-Index – 76,3 %) [31]. Nach bikompartimenteller Knieendoprothetik haben Rogers et al. festgestellt, dass die Interobserver Variabilität durch den Gebrauch vom BP- oder CD-Index im Vergleich zum IS- oder MIS-Index reduziert werden konnte [30].

Allen Methoden mit Ausnahme derjenigen nach Laurin ist es gemeinsam, dass sie bei einer Knieflexion von ca. 20-30° eingesetzt werden. Dies ist aber nicht immer praktikabel, vor allem, wenn dies zur intraoperativen Kontrolle dienen sollte. Aus diesem Grund war das Ziel der vorliegenden Arbeit, zu überprüfen, ob verschiedene Methoden zur

Patellahöhenbestimmung auch beim 90°-gebeugtem Knie eingesetzt werden können, da die 90° „optische Marke“ leicht während einer Operation einzustellen ist. Ebenso wollten wir überprüfen, ob die Verteilung zwischen einer Patella alta, norma und baja unter den verschiedenen Methoden den Resultaten aus der Literatur bei 20-30° -gebeugtem Knie gleicht.

5.4. Ergebnisse Gesamtkollektiv

In unserer Studie zeigten sich teilweise ähnliche wie in der Literatur beschriebene Diskrepanzen bezüglich der verschiedenen Methoden. Somit war z.B. im Gesamtkollektiv der höchste Anteil an Patella norma bei über 70 % der Fälle mit dem CD-Index zu sehen, während dies bei weniger als 10% der Fälle anhand der Laurin-Methode festgestellt werden konnte. Eine mögliche Erklärung dafür wäre die durch uns „falsch“ festgelegte Definition der Patella norma und baja für die Laurin-Methode. Allerdings konnten ebenfalls ähnliche Diskrepanzen für das Bild einer Patella alta beobachtet werden (6,31% für die IS-Methode vs. 26,32% für den BP-Index).

Diese Daten sind sehr relevant für die klinische Praxis, obwohl anhand der vorliegenden Studie nicht genau identifiziert werden kann, welche Methode die „wahre“ Patellahöhe wiedergibt. Es zeigt sich eine Tendenz, dass je nach eingesetzter Methode gehäuft eine Patella norma, alta oder baja definiert wird. Somit könnte z.B. bei einer intraoperativen Kontrolle der Patellahöhe bei einer Tuberositas tibiae-Versetzung zur Behandlung von rezidivierenden Patellaluxationen eher eine Patella norma beim Einsatz des CD-Index erwartet werden, während die Wahrscheinlichkeit für eine Patella alta beim Einsatz der IS-Methode sehr gering erscheint. Wenn wir von der Annahme ausgehen, dass es sich in unserem Kollektiv größtenteils um normal stehende Patellae handelt, dann könnten wir behaupten, dass der CD-Index eher diese Verteilung widerspiegelt, was wir aber anhand des Studiendesigns nicht beweisen können.

5.5. Alters-, Geschlechts- und Seitenunterschiede

Die Unterteilung der Ergebnisse in Alters-, Geschlechts- und Seitengruppen ist wichtig im Rahmen einer diagnostischen, deskriptiven Studie.

Mit zunehmendem Alter lässt die Spannung des Streckapparates und insbesondere der Quadricepssehne nach, was eine zunehmende Patella baja als Folge haben kann. Yiannakopoulos et al. konnten anhand von vier verschiedenen Methoden demonstrieren, dass die Kontraktion der Quadricepssehne einen Einfluss auf die Patellahöhe hat [37].

Geschlechterspezifische anatomische Unterschiede können ebenfalls einen möglichen Einfluss aufweisen. Männer haben im Durchschnitt einen größeren Femur und eine größere Patella als Frauen [29]. Die patellofemorale Gelenkfläche ist beim 30°-flektierten Knie bei Männern größer als bei Frauen [29]. In männlichen Kniegelenken ist die Trochleargroove nach innen rotiert, während sie in weiblichen Kniegelenken nach außen rotiert ist [29]. Weibliche Kniegelenke haben durchschnittlich einen größeren Q-Winkel, eine geringere mediolaterale Breite und einen höheren Quotienten zwischen Patellarsehne und größter Diagonale der Patellalänge [9]. Der Kongruenzwinkel hat einen größeren negativen Wert bei Frauen im Vergleich zu Männern [29]. Auch hinsichtlich der Seite ist von Unterschieden zwischen Stand- und Spielbein auszugehen.

Die alters-, geschlechts- und seitenspezifische Auswertung der Ergebnisse ergab zum Teil ähnlich starke Variationen wie im Gesamtkollektiv. In der Altersgruppe > 55. Lj. ergab z.B. der IS-Index einen Anteil an Patella baja in 46,81% der Fälle, während bei der Linclau-Methode dies in nur 14,89% der Fälle bestimmt wurde. Hinsichtlich der Seite konnte mittels der CD-Methode eine Patella norma bei 76,09% der rechten Kniegelenke beobachtet werden, während dieser Anteil auf 51,11% bei der IS-Methode fiel. Die bereits oben erwähnten Unterschiede könnten eine mögliche Erklärung für diese Diskrepanzen darstellen.

5.6. Allgemeine Kommentare

Die vorliegende Arbeit konnte zunächst ihre primäre Fragestellung, d.h. die Überprüfung der Anwendbarkeit von verschiedenen Messmethoden zur Patellahöhenbestimmung am 90° gebeugtem Knie, ausreichend klären. Unsere Ergebnisse bestätigen zum Großteil die bekannten Literaturdaten und weisen ebenfalls auf die unterschiedlichen Anwenderschwierigkeiten der jeweiligen Methode hin. Diese Problematik sollte vor allem in Abhängigkeit der jeweiligen Fragestellung berücksichtigt werden. Ob unsere Daten auch für operierte Kniegelenke gelten, lässt sich anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht

klären.

5.7. Limitierungen der Arbeit

Obwohl unsere Studie prospektiv angelegt wurde, über strenge Ein- und Ausschlusskriterien verfügt und alle Röntgenaufnahmen mittels des gleichen Gerätes angefertigt wurden, existieren ebenfalls manche Limitierungen. Alle Bilder wurden lediglich von einer Person zu einem Zeitpunkt ausgewertet, so dass keine Aussagen über eine inter- und intraobserver Variabilität getroffen werden können. Insbesondere bei Methoden, wie beim Insall-Salvati-Index, bei dem regelmäßig Schwierigkeiten bei der exakten Identifizierung der Tuberositas tibiae, je nach ihrer Form, auftreten können, besteht die Möglichkeit, dass es zu einem systematischen Fehler bei der Datenauswertung durch einen unerfahrenen Untersucher kommen kann. Ebenfalls haben wir keine Kontrollgruppe gehabt, bei der ähnliche Kniegelenksaufnahmen in 20° Flexion gemacht wurden. Dies hat den Nachteil, dass ein direkter Vergleich unserer Daten mit den Literaturdaten nicht möglich ist, denn sämtliche Literaturdaten hinsichtlich der Patellahöhenbestimmung sind an seitlichen Röntgenbildern in 20° Kniebeugung beschrieben worden. Es gab daher keine vorbeschriebenen Richtwerte über die Methoden bei 90° Knieflexion. Aus diesem Grund übernahmen wir zum größten Teil die Richtwerte aus der Literatur, die für Kniegelenksaufnahmen bei 20° Flexion aufgestellt wurden.

Darüber hinaus wurden in der vorliegenden Arbeit nur normale, gesunde, nicht arthrotisch veränderte aber dennoch symptomatische Kniegelenke ausgewertet. Bei einem degenerativ veränderten Kniegelenk besteht daher die Möglichkeit, dass es durch die über die Jahre resultierende Quadricepsatrophie und die Änderung der Beinachse durch die Gelenkdestruktion zu einer Umstellung der Gelenkbiomechanik und dadurch zu einer anderen Patellahöhe kommen kann. Auch die arthrotisch veränderten Gelenkflächen würden die in manchen Methoden verwendeten Landmarken verschieben bzw. verändern und dadurch die Messergebnisse beeinflussen. Ebenfalls wurde in unserem Kollektiv die Beinachse des jeweiligen Patienten nicht beurteilt, so dass der Einfluss der Beinachse und des daraus errechneten Q-Winkels auf die Patellahöhe unbekannt ist. Zudem lagen keine Informationen über die sportlichen Aktivitäten und Gewohnheiten der einzelnen Patienten vor. Die Patienten wurden nicht randomisiert, sondern anhand oben genannter Ausschlusskriterien im Sinne einer Kohortenstudie ausgewählt.

VI. Schlussfolgerung

Aus den Ergebnissen der untersuchten Methoden lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

1. Die fünf untersuchten Methoden sind auch in 90 ° Kniebeugung anwendbar und zeigen zum größten Teil vergleichbare Werte wie in 20-30 ° Flexion.

2. Beim Vergleich der fünf untersuchten Methoden, kam es zu teilweise großen Unterschieden bei der Verteilung in Patella alta, norma und baja. Unterschiedliche Häufigkeiten in diesen drei Kategorien fanden sich auch abhängig von Geschlecht, Alter und Körperseite.

Den größten Anteil an Patella norma zeigte die Methode nach Caton-Deschamps.

3. Eine Studie mit direktem Vergleich zwischen 30 ° und 90 ° Kniebeugung am selben Gelenk sollte folgen.

4. In der Zukunft sollte untersucht werden, ob die oben genannten Methoden in 90 ° Kniebeugung auch in arthrotisch veränderten oder endoprothetisch versorgten Kniegelenken zuverlässige Ergebnisse bringen.

VII. Literaturverzeichnis:

- 1) Aglietti P., Baldini A., Buzzi R., Indelli PF. (2001), Patella resurfacing in total knee replacement: functional evaluation and complications. *Knee Surg Sports TraumatolArthrosc.*, 9:27-33
- 2) Aparicio G., Abril JC., Albinana J., Rodriguez-Salvanes F. (1999), Patellar height ratios in children: an interobserver study of three methods. *Journal of PediatricOrthopedics B*, 8:29-32
- 3) Berg EE., Mason SL., Lucas MJ. (1996), Patellar height ratios. A comparison of four measurement methods. *Am J Sports Med.*, 24: 218-221
- 4) Blackburne J.S., Peel T.E. (1977), A new method of measuring patellar height. *J Bone Joint SurgBr*, 59-B (2): 241-242
- 5) Blumensaat C. (1938), Die Lageabweichungen und Verrenkungen der Kniescheibe. *Ergebnisse der Chirurgie und Orthopädie* 31: 149-223
- 6) Bucholz Robert W. et al (eds) (2006), *Rockwood & Green's Fractures in Adults* 6th Edition. Lippincott Williams & Williams, Philadelphia
- 7) Caton J., Deschamps G., Chambat P., Lerat JL., Dejour H. (1982) Patella infera: apropos 128 cases. *Rev ChirOrthopReparatriceAppar Mot*, 68: 317-325.
- 8) Caton J. (1989), Method of measuring the height of the patella. *ActaOrthop Belg.*; 55: 385–386.
- 9) Conley Sheryl, Rosenberg Aaron, Crowninshield Roy (2007), The Female Knee: Anatomic Variations. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 15 (1): 31-36
- 10) David-Chaussé J., Vignes L. (1982), Critical study of patella alta. I. Comparison of results of methods for measuring patellar height in 100 control subjects. *Rev Rheum Mal Osteoartic.*, 49: 501-506

- 11) Fern E. D., Winson I. G., Getty C. J. M. (1992), Anterior Knee Pain In Rheumatoid Patients After Total Knee Replacement. *J Bone Joint Surg Br*, 74-B: 745-748
- 12) Figgie Harry E., Goldberg Victor M., Heiple Kingsbury G., Moller Hans S., Gordon Nahida H. (1986), The Influence of Tibial-Patellofemoral Location on Function of the Knee in Patients with the Posterior Stabilized Condylar Knee Prosthesis. *J Bone Joint Surg Am*, 68-A: 1035-1040
- 13) Grelsamer RP, Meadows S. (1992) The modified Insall-Salvati ratio for assessment of patellar height. *ClinOrthopRelat Res*; Sep (282): 170-6.
- 14) Grelsamer Ronald P., Bazos Andrew N., Proctor Christopher S. (1993), Radiographic Analysis Of Patellar Tilt. *J Bone Joint Surg Br*, 75-B: 822-824
- 15) Hantes ME., Zachos VC., Bargiotas KA., Basdekis GK., Karantanas AH., Malizos KN. (2007), Patellar tendon length after anterior cruciate ligament reconstruction: a comparative magnetic resonance imaging study between patellar and hamstring tendon autografts. *Knee Surg Sports TraumatolArthrosc.*, 15: 712-719
- 16) Hockings M., Cameron JC. (2004), Patella baja following chronic quadriceps tendon rupture. *Knee*, 11(2): 95-97
- 17) Insall J., Salvati E. (1971), Patella position in the normal knee joint. *Radiology* 101: 101-104
- 18) Kayler DE., Lyttle D. (1988), Surgical interruption of patellar blood supply by total knee arthroplasty. *ClinOrthopRelat Res*. Apr (229): 221-227
- 19) Kesmezacar H., Erginer R., Ogut T., Seyahi A., Babacan M., Tenekecioglu Y. (2005), Evaluation of patellar height and measurement methods after valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports TraumatolArthrosc.*, 13: 539-544
- 20) Koshino T., Ejima M., Okamoto R., Morii T. (1990), Gradual low riding of the patella during postoperative course after total knee arthroplasty in osteoarthritis and rheumatoid arthritis. *J Arthroplasty*, 5: 323-327
- 21) Krieg James C., Amer Mirza (2009), Case Report: Patella Baja After Retrograde Femoral Nail Insertion. *ClinOrthopRelat Res*, 467: 566-571

- 22) Laurin CA. (1977), The investigation of the patellofemoral joint. *J Bone Joint Surg Br*, 59-B: 107
- 23) Laurin CA., Dussault R., Levesque HP. (1979), The tangential x-ray investigation of the patellofemoral joint: x-ray technique, diagnostic criteria and their interpretation. *ClinOrthopRelat Res*, Oct (144): 16-26
- 24) Lemon M., Packham I., Narang K., Craig DM. (2007), Patellar tendon length after knee arthroplasty with and without preservation of the infrapatellar fat pad. *J Arthroplasty* 2007, 22: 574-580
- 25) Linclau L. (1984), Measuring patellar height. *ActaOrthopBelg*, 50: 70-74
- 26) Lin CF, Wu JJ, Chen TS, Huang TF (2005) Comparison of the Insall-Salvati ratio of the patella in patients with and without an ACL tear. *Knee Surg Sports TraumatolArthrosc.*, 13: 8–11
- 27) MorshedSaam, Ries Michael D. (2002), Patella Infera After Nonoperative Treatment of a Patellar Fracture. *J Bone Joint Surg Am*, 84(6): 1018-1021
- 28) Noyes FR., Wojtys EM., Marshall MT. (1991), The early diagnosis and treatment of developmental patella infera syndrome. *ClinOrthopRelat Res.*, Apr (265): 241-252
- 29) Rankin E. Anthony, Bostrom Mathias, Hozack William, Jacobs Joshua J., McCarthy Joseph C., O'Connor Mary I., Trippel Stephen B., Turkelson Charles (2008), Gender-Specific Knee Replacements: A Technology Overview. *J AmAcadOrthopSurg* 16 (2): 63-67
- 30) Rogers B. A., Thornton-Bott P., Cannon S.R., Briggs T. W. R. (2006), Interobserver variation in the measurement of patellar height after total knee arthroplasty. *J Bone Joint SurgBr*, 88-B: 484-488
- 31) Scuderi Giles R., Windsor Russell E., Insall John N. (1989), Observations on Patellar Height after Proximal Tibial Osteotomy. *J Bone Joint Surg Am*, 71-A: 245-248

- 32) Seil R., Müller B., Georg T., Kohn D., Rupp S. (2000), Reliability and interobserver variability in radiological patellar height ratios. *Knee Surg Sports TraumatolArthrosc.*, 8:231-236
- 33) Tigani D., Ferrari D., Trentani P. (2001), Patellar height after high tibial osteotomy. *IntOrthop*, 24: 331-334
- 34) Tria AJ JR., Alicea JA., Cody RP. (1994), Patella baja in anterior cruciate ligament reconstruction of the knee. *ClinOrthopRelat Res.*, Feb (299): 229-234
- 35) Van Eijden Theo M.G.J., Kouwenhoven Eric, WeijsWim A. (1987), Mechanics of the patellar articulation: Effects of patellar ligament length studied with a mathematical model. *ActaOrthop. Scand.*, 58: 560-566
- 36) Weale A. E., Murray D. W., Newman J. H., Ackroyd C. E. (1999), The length of the patellar tendon after unicompartmental and total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br*, 81-B: 790-795
- 37) Yiannakopoulos C.K., Mataragas E., Antonogiannakis E. (2008), The effect of quadriceps contraction during weight-bearing on four patellar height indices. *J Bone Joint SurgBr*, 90-B:870-873

VIII. Publikationen:

Zum Thema dieser Dissertation wurde im März 2011 ein Original Paper in der Zeitschrift International Orthopaedics veröffentlicht:

Konstantinos Anagnostakos, Olaf Lorbach, Sarah Reiter, Dieter Kohn (2011), **Comparison of five patellar height measurement methods in 90 ° knee flexion.** International Orthopaedics, 35 (12): 1791-1797

IX. Anhang:

Tabelle 1:

Messdaten der Strecken A, B, C, D, E und X. Patellastand

Pat.nr.	Knie	Strecke A	Strecke B	Strecke C	Strecke D	Strecke E	Strecke X	Patella stand
1	Rechts	+ 0,9 cm	4,9 cm	3,8 cm	7,5 cm	3,6 cm	3,7 cm	
2	Links	- 0,6 cm	4,6 cm	2,9 cm	7,0 cm	3,0 cm	3,9 cm	Patella hoch
3	Links	+ 1,3 cm	4,0 cm	2,9 cm	5,1 cm	2,8 cm	3,1 cm	
4	Links	0 cm	3,8 cm	3,3 cm	5,2 cm	2,9 cm	3,0 cm	
5	Links	+ 0,8 cm	5,2 cm	3,9 cm	6,5 cm	3,3 cm	3,0 cm	
6	Rechts	+ 0,7 cm	4,3 cm	3,3 cm	5,5 cm	2,9 cm	3,3 cm	
7	Links	+ 0,6 cm	4,1 cm	3,5 cm	5,1 cm	3,1 cm	3,1 cm	
8a	Rechts	- 0,2 cm	3,6 cm	5,0 cm	6,5 cm	4,6 cm	2,5 cm	Patella hoch
8b	Links	- 0,3 cm	3,4 cm	4,9 cm	6,7 cm	4,5 cm	2,5 cm	Patella hoch
9a	Rechts	- 0,1 cm	4,2 cm	3,5 cm	5,8 cm	3,3 cm	3,5 cm	Patella hoch
9b	Links	+ 0,2 cm	4,2 cm	3,4 cm	5,6 cm	3,2 cm	3,5 cm	
10	Rechts	- 0,5 cm	5,0 cm	4,1 cm	8,2 cm	3,7 cm	3,8 cm	Patella hoch
11	Rechts	+ 1,3 cm	4,3 cm	3,5 cm	5,4 cm	3,0 cm	3,1 cm	
12	Links	- 0,8 cm	5,0 cm	3,1 cm	5,7 cm	2,7 cm	3,7 cm	Patella hoch
13	Rechts	+ 0,2 cm	5,4 cm	4,3 cm	6,7 cm	4,1 cm	3,5 cm	
14	Links	- 0,7 cm	3,6 cm	3,2 cm	6,5 cm	3,2 cm	3,0 cm	Patella hoch
15	Rechts	+ 0,5 cm	3,9 cm	3,6 cm	4,4 cm	3,1 cm	2,9 cm	
16	Links	+ 0,4 cm	4,5 cm	3,0 cm	6,5 cm	2,3 cm	3,0 cm	
17	Rechts	+ 0,9 cm	3,8 cm	2,8 cm	5,8 cm	2,3 cm	2,5 cm	
18	Rechts	- 0,1 cm	5,5 cm	4,0 cm	7,8 cm	3,5 cm	3,8 cm	Patella hoch
19	Links	+ 0,6 cm	4,9 cm	2,2 cm	6,8 cm	1,7 cm	3,5 cm	
20	Rechts	0 cm	4,7 cm	3,0 cm	7,6 cm	2,7 cm	3,4 cm	
21	Rechts	- 0,3 cm	5,0 cm	4,0 cm	8,8 cm	3,6 cm	3,8 cm	Patella hoch
22	Links	- 0,4 cm	4,7 cm	3,4 cm	7,4 cm	3,4 cm	3,4 cm	Patella hoch
23	Links	- 0,1 cm	4,7 cm	3,4 cm	5,3 cm	2,8 cm	3,6 cm	Patella hoch
24	Rechts	- 0,9 cm	4,3 cm	3,5 cm	8,1 cm	3,7 cm	3,9 cm	Patella hoch
25	Rechts	- 0,3 cm	4,9 cm	3,5 cm	9,8 cm	3,2 cm	3,4 cm	Patella hoch
26	Links	+ 0,1 cm	5,4 cm	4,0 cm	9,3 cm	3,7 cm	3,2 cm	

Pat.nr.	Knie	Strecke A	Strecke B	Strecke C	Strecke D	Strecke E	Strecke X	Patella stand
27	Links	0 cm	5,0 cm	3,0 cm	5,8 cm	2,8 cm	3,2 cm	
28	Links	0,4 cm	4,8 cm	3,6 cm	6,1 cm	2,8 cm	3,4 cm	
29	Links	0 cm	4,6 cm	3,1 cm	6,4 cm	2,8 cm	3,5 cm	
30	Rechts	- 0,2 cm	4,6 cm	3,9 cm	7,7 cm	3,6 cm	3,4 cm	Patella hoch
31	Links	+ 0,8 cm	5,0 cm	3,5 cm	9,4 cm	2,7 cm	3,5 cm	
32	Rechts	+ 0,3 cm	4,2 cm	3,0 cm	7,5 cm	2,8 cm	3,2 cm	
33a	Links	+ 0,3 cm	4,9 cm	3,1 cm	5,1 cm	2,9 cm	3,4 cm	
33b	Rechts	+ 0,9 cm	4,9 cm	3,9 cm	7,4 cm	3,5 cm	3,1 cm	
34	Links	+ 0,1 cm	4,1 cm	2,8 cm	7,4 cm	2,7 cm	2,8 cm	
35	Rechts	+ 0,2 cm	4,7 cm	2,9 cm	5,8 cm	2,5 cm	3,5 cm	
36	Rechts	+ 0,9 cm	5,0 cm	3,4 cm	5,5 cm	2,8 cm	3,3 cm	
37a	Links	- 0,5 cm	4,1 cm	2,1 cm	4,8 cm	2,1 cm	3,5 cm	Patella hoch
37b	Rechts	+ 0,5 cm	4,0 cm	2,0 cm	4,2 cm	1,8 cm	4,0 cm	
38	Rechts	+ 0,9 cm	4,2 cm	3,5 cm	6,2 cm	3,3 cm	3,2 cm	
39	Links	- 0,3 cm	4,1 cm	3,4 cm	5,5 cm	3,4 cm	2,8 cm	Patella hoch
40	Rechts	+ 0,6 cm	4,6 cm	2,8 cm	4,9 cm	2,3 cm	2,8 cm	
41	Links	+ 0,2 cm	4,3 cm	3,2 cm	5,2 cm	2,8 cm	3,2 cm	
42	Rechts	- 0,3 cm	4,0 cm	2,9 cm	5,0 cm	2,8 cm	3,3 cm	Patella hoch
43	Links	- 0,6 cm	4,8 cm	4,4 cm	6,6 cm	4,0 cm	3,2 cm	Patella hoch
44	Rechts	- 0,6 cm	4,8 cm	3,9 cm	6,5 cm	3,3 cm	3,5 cm	Patella hoch
45a	Links	+ 0,1 cm	4,8 cm	3,4 cm	5,9 cm	3,3 cm	3,6 cm	
45b	Rechts	+ 0,2 cm	4,7 cm	3,6 cm	5,9 cm	3,4 cm	3,5 cm	
46	Rechts	+ 0,2 cm	4,8 cm	4,3 cm	7,9 cm	3,4 cm	3,3 cm	
47	Rechts	+ 1,3 cm	3,9 cm	3,4 cm	4,7 cm	2,7 cm	3,0 cm	
48	Rechts	- 0,4 cm	4,0 cm	3,2 cm	5,5 cm	3,1 cm	3,3 cm	Patella hoch
49	Rechts	+ 0,2 cm	4,8 cm	3,0 cm	5,8 cm	3,1 cm	3,5 cm	
50	Rechts	0 cm	4,1 cm	2,6 cm	4,4 cm	2,4 cm	3,0 cm	
51	Rechts	0,3 cm	4,7 cm	3,0 cm	7,0 cm	2,8 cm	3,5 cm	
52a	Links	- 0,4 cm	4,4 cm	2,7 cm	5,8 cm	2,8 cm	3,1 cm	Patella hoch
52b	Rechts	+ 0,1 cm	4,4 cm	3,6 cm	5,8 cm	3,0 cm	3,1 cm	
53	Links	+ 0,1 cm	4,0 cm	3,3 cm	5,2 cm	3,0 cm	3,1 cm	
54	Rechts	- 0,2 cm	4,6 cm	2,9 cm	7,2 cm	2,5 cm	3,8 cm	Patella hoch
55	Links	+ 0,8 cm	4,9 cm	3,7 cm	6,0 cm	3,1 cm	3,1 cm	
56	Rechts	- 0,5 cm	4,3 cm	3,2 cm	5,1 cm	3,1 cm	3,1 cm	
57	Links	0 cm	5,3 cm	3,5 cm	6,2 cm	3,4 cm	4,0 cm	

Pat.nr.	Knie	Strecke A	Strecke B	Strecke C	Strecke D	Strecke E	Strecke X	Patella stand
58	Links	+ 0,8 cm	4,3 cm	2,2 cm	5,0 cm	1,9 cm	3,0 cm	
59	Links	- 0,3 cm	4,0 cm	3,4 cm	5,5 cm	3,3 cm	2,8 cm	Patella hoch
60	Links	- 0,5 cm	4,7 cm	3,7 cm	6,1 cm	3,6 cm	3,5 cm	Patella hoch
61	Rechts	+ 0,2 cm	4,6 cm	4,0 cm	6,4 cm	3,3 cm	3,4 cm	
62	Rechts	+ 0,4 cm	5,4 cm	3,4 cm	5,5 cm	2,9 cm	3,5 cm	
63a	Links	- 2,8 cm	5,0 cm	6,4 cm	8,3 cm	6,2 cm	3,2 cm	Patella hoch
63b	Links	- 2,0 cm	5,0 cm	5,0 cm	7,0 cm	4,9 cm	3,2 cm	Patella hoch
64	Links	- 0,5 cm	4,9 cm	4,5 cm	7,0 cm	4,2 cm	3,8 cm	Patella hoch
65	Links	0 cm	4,7 cm	3,5 cm	5,5 cm	3,2 cm	4,1 cm	
66	Rechts	+ 0,3 cm	4,6 cm	4,0 cm	6,0 cm	3,5 cm	3,5 cm	
67	Rechts	- 0,1 cm	5,0 cm	4,0 cm	6,1 cm	3,2 cm	3,9 cm	Patella hoch
68	Links	+ 0,5 cm	4,8 cm	2,4 cm	4,5 cm	2,0 cm	3,7 cm	
69	Rechts	+ 0,4 cm	4,8 cm	3,0 cm	5,9 cm	2,4 cm	4,0 cm	
70	Links	+ 1,9 cm	4,5 cm	2,5 cm	5,2 cm	2,4 cm	3,1 cm	
71	Links	- 0,2 cm	4,8 cm	3,1 cm	5,4 cm	2,7 cm	3,8 cm	Patella hoch
72	Rechts	+ 0,3 cm	5,6 cm	3,2 cm	5,5 cm	2,9 cm	4,1 cm	
73	Rechts	- 0,2 cm	4,9 cm	3,3 cm	5,8 cm	3,2 cm	2,8 cm	Patella hoch
74	Links	0 cm	4,1 cm	3,2 cm	5,2 cm	2,6 cm	2,8 cm	
75	Links	+ 0,4 cm	4,9 cm	4,1 cm	6,5 cm	3,2 cm	3,6 cm	
76	Links	- 0,3 cm	4,3 cm	3,5 cm	9,0 cm	3,6 cm	3,6 cm	Patella hoch
77	Links	+ 0,4 cm	4,4 cm	2,2 cm	4,4 cm	1,9 cm	3,7 cm	
78	Links	- 0,1 cm	4,8 cm	2,0 cm	4,1 cm	1,7 cm	4,6 cm	Patella hoch
79a	Rechts	+ 0,4 cm	5,3 cm	3,0 cm	5,3 cm	2,6 cm	4,0 cm	
79b	"	+ 0,7 cm	5,3 cm	2,5 cm	5,6 cm	2,1 cm	4,0 cm	
80	Links	+ 0,8 cm	4,6 cm	3,7 cm	6,0 cm	3,1 cm	3,5 cm	
81	Links	- 0,2 cm	4,0 cm	3,0 cm	4,6 cm	2,8 cm	3,3 cm	Patella hoch
82	Links	- 0,7 cm	5,8 cm	3,0 cm	6,1 cm	3,1 cm	5,1 cm	Patella hoch
83a	Links	+ 0,4 cm	4,7 cm	2,5 cm	5,0 cm	2,2 cm	3,4 cm	
83b	Rechts	+ 0,4 cm	4,8 cm	3,2 cm	6,3 cm	2,6 cm	3,6 cm	
84	Rechts	- 0,2 cm	4,1 cm	3,5 cm	5,7 cm	3,2 cm	3,5 cm	Patella hoch
85a	Rechts	+ 0,5 cm	5,0 cm	3,3 cm	5,4 cm	2,9 cm	3,6 cm	
85b	Links	+ 0,4 cm	5,2 cm	3,4 cm	5,6 cm	3,0 cm	3,5 cm	

X. Danksagung

1. Prof. Dr. med. D. Kohn, Direktor der Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit in seiner Abteilung zu promovieren.
2. PD Dr. med. K. Anagnostakos, meinem Betreuer, nicht nur für die intensiven Bemühungen bei der Durchführung der Studie und seiner Mithilfe bei der Auswertung der Daten, sondern auch für seine unendliche Geduld.
3. Meiner Familie für die großartige Unterstützung und das Verständnis, die sie im Laufe der letzten Jahre für mich und meine Arbeit aufbrachten.